

INDEXÉ

DUPLICATE

BR 3518-DF

Rec'd PCT/PTO 19 APR 2005

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

10/532002

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
23 août 2001 (23.08.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/60588 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :
B29C 53/50, 53/54(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/00387

(22) Date de dépôt international : 9 février 2001 (09.02.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/01966 17 février 2000 (17.02.2000) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : CEBAL
S.A. [FR/FR]; 98, boulevard Victor Hugo, F-92115 Clichy
(FR).

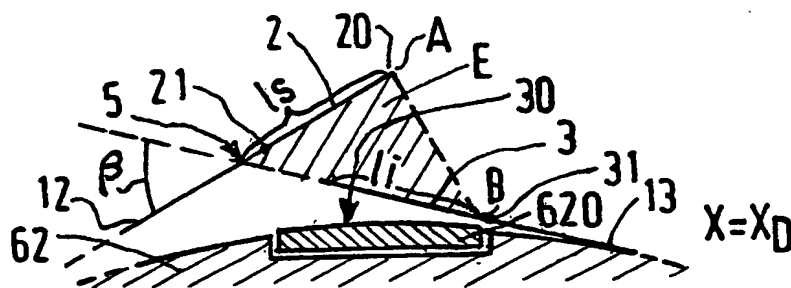
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
BOSSHARDT, Michel [FR/FR]; 39, rue Camille
Margaine, F-51800 Sainte-Ménéhould (FR). DUVA-
LEY, Michel [FR/FR]; 52, rue de Mailly, F-51360
Verzenay (FR). BAUCHIERE, Didier [FR/FR]; 57, rue
Jean-Jacques Rousseau, F-51000 Chalon en Champagne
(FR).(74) Mandataire : FENOT, Dominique; Péchiney, 217, cours
Lafayette, F-69451 Lyon Cedex 06 (FR).(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,
NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING TUBES BY LASER WELDING

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION DE TUBES PAR SOUDURE AU LASER



(57) Abstract: The invention concerns a method which consists in: (a) providing a strip (1), (b) guiding and rolling it to position the edges (2, 3) facing each other, (c) laser welding said edges, and compressing the welded edges, so as to form the tube, (d) feeding the tube at a speed V, and cutting longitudinally tube portions. Said method is characterised in that it consists: (1) in providing a strip material (1) having a bending strength ranging between 5 and 10 N measured by a method called support blade method; (2) first guiding it

along the transverse axis Y using lateral guiding means; (3) rolling said strip, around a fixed central mandrel (62) with mobile transporting strip (620), by pushing back its edges (2, 3), considering said bending strength of said strip, so as to form a sealing cavity E; (4) directing towards said space E a laser beam (5) inputting at least half the amount of energy required to weld the edges (2) and (3); (5) compressing said edges by subsequently inputting the complementary energy required to obtain said amount of energy, so as to weld them and thus form said tube.

(57) Abrégé : Dans ce procédé: (a) on approvisionne une bande (1); (b) on la guide et on la roule pour mettre en regard ses bords (2, 3). (c) on soude au laser lesdits bords, et on comprime les bords soudés, de manière à former ledit tube, (d) on entraîne ledit tube à une vitesse V, et on découpe à longueur des portions de tubes, ce procédé étant caractérisé en ce que: (1) on approvisionne un matériau en bande (1) présentant une résistance à la flexion comprise entre 5 et 10 N mesurée selon une méthode dite de la lame d'appui. (2) on la guide d'abord selon l'axe travers Y grâce à un moyen de guidage latéral, (3) on roule ladite bande, autour d'un mandrin central (62) fixe à bande mobile de transport (620), en repoussant ses bords (2, 3), compte tenu de ladite résistance à la flexion de ladite bande, de manière à former une cavité E de scellage, (4) on dirige vers ledit espace E un faisceau laser (5) apportant au moins la moitié de la quantité d'énergie nécessaire pour souder les bords (2) et (3), (5) on comprime lesdits bords en apportant éventuellement le complément d'énergie nécessaire pour obtenir ladite quantité d'énergie, de manière à les souder et à former ainsi ledit tube.

BEST AVAILABLE COPY



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

PROCÉDE DE FABRICATION DE TUBES PAR SOUDURE AU LASER

5 DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne la fabrication de tubes dans le domaine de la cosmétologie, hygiène et pharmacie, tubes, typiquement en matière plastique, formés par roulage d'une bande et par soudure au laser des bords de la bande.

10

ETAT DE LA TECHNIQUE

On connaît déjà la fabrication classique, comme décrite typiquement dans le brevet FR 1
15 571 778, de tubes par roulage d'une bande et soudure thermique, par induction, des bords mis en regard.

On sait aussi former un tube et effectuer une soudure axiale des bords par un apport énergétique dû à un faisceau d'un rayonnement laser.

20 Ainsi, le brevet US 4,540,392 divulgue le formation de tubes de carton revêtus typiquement de PE, en roulant une bande et envoyant un faisceau laser entre les rebords à souder mis en regard.

Dans la demande européenne n° 237 192, un dispositif, tel un prisme, est placé entre les surfaces à souder pour réfléchir le faisceau laser sur chacune des surfaces à souder.

25 Dans la demande allemande n° 38 13 570, des réflecteurs sont utilisés) l'extérieur des films à souder pour confiner le faisceau laser dans la matière à réchauffer en vue de la soudure.

30 PROBLEMES POSES

Un premier problème des procédés conventionnels connus pour la fabrication des tubes concerne la vitesse de fabrication : les procédés connus offrent une vitesse de production typique qui plafonne à 30 m/min.

En effet, dans le procédé classique, on ne peut augmenter la vitesse de production car, compte tenu de la nature des matériaux en jeu et des propriétés thermiques de ces matériaux, notamment en ce qui concerne le transfert de chaleur, il n'est pas possible de réchauffer / refroidir plus vite les bords à souder.

Dans le procédé de soudure au laser, on ne peut augmenter les cadences de production sous peine d'obtenir des tubes présentant une soudure sinon défectueuse, du moins pas assez fiable pour constituer la base d'un procédé industriel.

Un premier objet de l'invention est un procédé permettant d'augmenter d'au moins 50% la cadence de production.

Un second problème se présente lorsqu'on utilise comme bande de départ, une bande comprenant une couche centrale d'EVOH comme matériau barrière. En effet, il importe dans ce cas de disposer d'un procédé permettant d'obtenir un tube dont les bords soudés masquent ou enrobent la couche centrale d'EVOH sensible à l'humidité.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

Selon l'invention, dans le procédé de fabrication d'un tube, typiquement en matière plastique, sur une ligne de fabrication :

a) on approvisionne une bande en ladite matière plastique,

b) on guide ladite bande et on la roule pour mettre en regard les bords de ladite bande,

c) on soude au laser lesdits bords selon une génératrice dudit tube d'axe de révolution X, typiquement cylindrique, et on comprime les bords soudés, de manière à former ledit tube,

d) on entraîne ledit tube et ladite bande à une vitesse V, et, typiquement, on découpe à

longueur des portions de tubes d'une longueur prédéterminée,

procédé caractérisé en ce que :

- 1) on approvisionne un matériau en bande présentant une résistance à la flexion, mesurée selon la méthode dite de la lame d'appui, allant de 5 à 10 N,
- 2) avant roulage de ladite bande, on la guide d'abord selon l'axe travers Y grâce à un moyen de guidage latéral, de manière à garantir un positionnement latéral fixe de ladite bande par rapport à l'axe long X du tube,
- 3) on roule ladite bande, autour d'un mandrin central fixe à bande mobile de transport, en repoussant ses bords, compte tenu de ladite résistance à la flexion de ladite bande, à l'aide de moyens de roulage, et typiquement vers le haut, de manière à mettre en regard les bords de la bande en formant une cavité ou un espace E de scellage présentant, sur une longueur L et dans le plan P_{YZ} perpendiculaire à l'axe X, une section, typiquement triangulaire, variable avec l'abscisse l allant de 0 à L, le sommet de ladite section triangulaire étant formée par la jonction d'un bord dit inférieur de la bande, de largeur l_i entre son extrémité extérieure et sa limite intérieure, ou de son prolongement, avec un bord dit supérieur de la bande et de largeur l_s délimitée par ladite jonction, et la base AB de ladite section étant délimitée par ladite extrémité A dudit bord supérieur et par ladite limite intérieure B dudit bord inférieur, la base AB étant maximale pour $l=0$ et typiquement nulle, en C pour $l=L$, de manière à former un espace E fixe quelle que soit la vitesse V,
- 4) on dirige vers ledit espace E un faisceau laser (5) d'une puissance adaptée à la vitesse V, de manière à apporter, à la surface interne dudit bord supérieur (2) constituant la face supérieure dudit espace et/ou à la surface externe dudit bord inférieur (3) constituant la face inférieure dudit espace, au moins la moitié de la quantité d'énergie nécessaire pour souder lesdits bords supérieur (2) et inférieur (3),
- 5) on comprime lesdits bords supérieur et inférieur selon une zone longitudinale de recouvrement R, en apportant, typiquement à l'aide d'un chauffage par induction, le complément éventuel d'énergie pour obtenir ladite quantité d'énergie, de manière à les souder et à former ainsi ledit tube

En effet, la demanderesse a analysé de manière précise les raisons pour lesquelles les procédés de soudure au laser ne permettaient pas d'obtenir des vitesses de production plus élevées.

Suite aux études effectuées par la demanderesse, notamment par des analyses d'images avec une caméra à grande vitesse, elle a trouvé que la raison principale de cet échec réside dans l'instabilité relative dudit espace ou de ladite cavité E, en ce qui concerne sa position relative par rapport à un faisceau laser présumé fixe, instabilité qui n'apparaît pas nécessairement à l'oeil nu, de sorte qu'en mettant en oeuvre la combinaison de
5 moyens selon l'invention, cette instabilité relative est sinon éliminée, du moins réduite à un niveau suffisamment faible pour ne pas avoir de conséquences dommageables sur la qualité de la soudure longitudinale.

La combinaison de moyens comprend selon l'invention, au moins :

- 10 - la sélection d'un matériau de départ présentant une résistance à la flexion comprise entre certaines limites, dans la mesure où, comme observé par la demanderesse, le procédé selon l'invention ne pourrait pas s'appliquer à des matériaux en bande soit trop flexibles (résistance à la flexion inférieure à 5 N), soit trop peu flexibles (résistance à la flexion supérieure à 10 N) et, de ce fait ne concerne qu'une plage relativement étroite de
15 matériaux, avec une résistance à la flexion de 5 à 10 N mesurée selon la méthode dite à la lame d'appui qui sera explicitée dans les exemples et illustrée à la figure 9.
- en amont de l'étape de roulage, un moyen de guidage latéral pour que la médiane de la bande soit et reste dans le plan central XZ du tube à former et du dispositif pour former ce tube, dispositif qui comprend notamment un mandrin central sur lequel la bande est
20 roulée,
- des moyens de roulage de la bande, sur un mandrin fixe, pour mettre en regard les bords à souder de la bande et former un espace E ouvert entre ces bords mis en regard, espace ayant la forme d'une pyramide triangulaire très allongée, et pour notamment assurer que cet espace E garde une position fixe quelle que soit la vitesse de la bande,
- 25 - un apport d'énergie par faisceau laser pour souder les bords en regard, cet apport pouvant constituer seulement une fraction majoritaire de l'apport énergétique nécessaire à l'obtention d'une soudure correcte.

En effet, selon l'invention, il est préférable que le faisceau laser n'apporte qu'une partie seulement de l'énergie nécessaire à la soudure. En effet, le procédé de l'invention,
30 contrairement aux procédés de l'état de la technique, n'implique nullement l'utilisation de réflecteurs, pas plus qu'il ne nécessite des réflexions multiples du faisceau entre les

bords à souder, et privilégie l'attaque directe du faisceau sur les bords à souder, de manière à élever localement la température des surfaces à souder, sans prendre le risque de fondre le matériau constituant la bande.

Cette combinaison de moyens permet d'atteindre tous les objectifs de l'invention,
5 comme cela apparaîtra dans la description détaillée et dans les figures selon l'invention.

DESCRIPTION DES FIGURES

10 Toutes les figures sont relatives à l'invention.

La figure 1 est une vue, en coupe longitudinale dans le plan XZ ou P_{XZ} , du dispositif ou ligne de production (6) permettant de fabriquer les tubes (4) ou portions de tube (41) à partir d'une bande (1) en bobine.

Les figures 1a à 1d sont des vues en coupe selon le plan P_{XZ} des différentes bandes
15 mobiles du dispositif (6).

La figure 1e et 1f sont relatives à la transformation du matériau en bande (1) dans ladite ligne (6) : la figure 1e est une coupe dans le plan P_{XZ} , alors que la figure 1f est une série de coupes transversales dans le plan YZ ou P_{YZ} .

20 La figure 2 est une vue en coupe dans le plan P_{YZ} d'un dispositif (631) de guidage des bords ou lisières (2,3) de la bande (1).

La figure 3 est une vue schématique d'un dispositif (61) de mise en tension de la bande
(1).

25 Les figures 4a et 4b sont des coupes dans le plan P_{YZ} qui illustrent le roulage de la bande (1).

Les figures 5a à 5c représentent l'espace ou cavité E formé entre les bords supérieur (2)
30 et inférieur (3) mis en regard, dans lequel sera dirigé le faisceau laser. Les figures 5a et 5b sont des vues dans le plan P_{YZ} , alors que la figure 5c est une vue en perspective.

Les figures 6 à 6b sont relatives à l'irradiation de l'espace E par le faisceau laser (5), l'orientation du faisceau étant celle de sa bissectrice.

la figure 6 est une vue en coupe de l'espace E selon le plan P_{YZ} , alors que les figures 6a
5 et 6b illustrent l'orientation du faisceau et la signification des angles α_1 et α_2 .

La figure 7 est une vue en coupe selon le plan P_{YZ} , du dispositif en aval du point d'abscisse X_E de la figure 1f.

10 La figure 8 est une vue en coupe selon le plan P_{YZ} , de la soudure (42) du tube.

La figure 9 est une vue en perspective schématisant la méthode de mesure de la résistance à la flexion selon la méthode dite de la lame d'appui.

15

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Selon l'invention, ladite compression des bords supérieur (2) et inférieur (3) qui constitue leur réunion, peut clore, en C, l'extrémité aval dudit espace E, de sorte que la
20 face ouverte dudit espace E a typiquement la forme d'un triangle ABC dont le sommet C se situe à l'extrémité aval dudit espace E, comme cela apparaît clairement sur le figure 5c.

Il peut être avantageux de maintenir, sur toute la longueur L de l'espace E, l'extrémité (30) dudit bord inférieur (3) à une cote verticale Z typiquement constante par rapport au
25 mandrin central (62). Ainsi, il est plus facile de positionner le faisceau laser (5) et d'irradier au moins le bord inférieur (3).

Comme illustré sur les figures 4a et 4b, on peut maintenir, sur ladite distance L, ledit bord inférieur (3) à une cote verticale Z fixe, grâce à un ou plusieurs galets de roulage dits « bas » (633) en appui sur le bord inférieur (3) dudit film ou sur une partie (13),
30 jouxtant ledit bord (3), galets qui présentent un profil concave (6330) typiquement

destiné à coopérer avec un profil convexe dudit mandrin central (62), et grâce à la résistance à la flexion de ladite bande (1).

De préférence, et comme illustré sur les figures 4a, 4b et 5c, la cote verticale Z de l'extrémité (20) dudit bord supérieur (2) diminue progressivement sur ladite distance L, quand l passe de 0 à L, grâce à un ou plusieurs galets de roulage dits « hauts » (632) en appui sur le bord supérieur (2) dudit film ou sur une partie (12), jouxtant ledit bord (2), galets qui présentent un profil concave (6320) typiquement destiné à coopérer avec un profil convexe dudit mandrin central (62), et grâce à la résistance à la flexion de ladite bande (1).

Selon l'invention, à l'étape 2) du procédé, ledit moyen de guidage latéral (60) peut comprendre un moyen, typiquement doté d'une cellule photoélectrique (600), pour déterminer en continu la position de ladite bande sur l'axe travers Y, et pour corriger tout écart de manière à ce que le plan médian (10) de ladite bande (1) contienne ledit axe X. Ce moyen de guidage latéral (60) comprend typiquement deux rouleaux parallèles espacés, orientés selon l'axe Y et pouvant se décaler de l'axe Y par légère rotation selon un axe orienté parallèlement à l'axe Z, pour corriger un écart du positionnement latéral de la bande, ce décalage étant asservi à l'écart de positionnement latéral de la bande, écart qui peut être repéré par une ou plusieurs cellules photoélectrique, comme représenté schématiquement sur la figure 3.

On peut aussi, en substitution du moyen précédent ou en complément au moyen précédent, approvisionner ladite bande (1) avec une largeur supérieure de 1 à 5% à la largeur théorique de ladite bande compte tenu du diamètre du tube à fabriquer et d'un recouvrement des bords à souder, et, à l'étape 2) du procédé, découper, typiquement par une paire de couteaux circulaires (601) positionnés de manière symétrique par rapport à la médiane ou au plan médian (10) de la bande, la largeur excédentaire de ladite bande (602), de manière à fournir une bande dont la médiane ne s'écarte pas du plan P_{XZ} centré contenant l'axe X. On a également représenté cette modalité sur la figure 3.

Il est avantageux, notamment de manière à pouvoir soit élargir les possibilités d'approvisionnement en bandes, soit augmenter la vitesse V tout en garantissant la qualité de la soudure (42) du tube, de faire passer ledit film entre rouleaux de tension (61), typiquement juste en amont de l'étape 2) du procédé, pour exercer une tension

5 dans le sens long de la bande, tension typiquement inférieure à la limite élastique de la bande, mais assez élevée pour que disparaissent d'éventuelles ondulations (15) des bordures ou rives de ladite bande, ondulations formées généralement dans un plan P_{XZ} .

On peut exercer ladite tension en utilisant deux rouleaux ou cylindres, avec un rouleau aval (611) imposant audit film une vitesse linéaire instantanée supérieure à celle

10 imposée par un rouleau amont (610). La figure 3 représente le cas où cette tension est obtenue par une vitesse de rotation différente pour les rouleaux de tension (610,611) de même diamètre mais avec $\omega_2 > \omega_1$. On peut obtenir le même effet avec des moyens analogues.

15 Une fois qu'un positionnement latéral correct de la bande est assuré, c'est-à-dire lorsque la médiane (10) de la bande est dans le plan centré P_{XZ} plan passant par l'axe (40) du tube ou du mandrin central (62), on commence à rouler ladite bande. Ainsi, entre l'étape 2) du procédé où le positionnement latéral Y de la bande est régulé, et l'étape 3) où ladite bande est roulée, on impose à ladite bande une forme incurvée intermédiaire,

20 typiquement par la coopération d'une roulette centrale (630) en appui vertical sur la ligne médiane (10) de ladite bande, et d'au moins un jeu de deux roulettes à gorges (6310) latérales, typiquement celles d'un guide lisière (631), exerçant une action contraire tendant à remonter les bords ou lisières (2,3) de ladite bande, l'angle des deux bords ou lisières étant typiquement compris entre 120° et 60° à ce stade de l'étape de

25 roulage. La roulette (630) est représentée sur la figure 1, alors qu'un guide lisière (631) doté de deux roulettes à gorge (6310) est représenté à la figure 2.

En ce qui concerne le faisceau laser (5) utilisé dans l'invention, il peut être orienté dans le plan horizontal YX selon une direction D_1 faisant un angle α_1 compris entre -30° et

30 $+90^\circ$, par rapport à l'axe transversal Y de référence, comme illustré sur la figure 6a.

Ce faisceau laser (5) peut être orienté dans le plan vertical ZD_1 , comprenant ladite direction D_1 , selon une direction D_2 faisant un angle α_2 compris entre $+10^\circ$ et -30° , par rapport à la direction horizontale D_1 , comme illustré sur la figure 6b.

Comme illustré sur la figure 6, on peut choisir pour le faisceau laser (5) une focalisation
5 telle que le point focal (50) soit extérieur à ladite cavité E, et de manière à ce que la totalité du faisceau pénètre dans ladite cavité E, la largeur (51) du faisceau (5) à l'entrée de ladite cavité E étant typiquement comprise entre $0,9.AB$ et $0,3.AB$.

On peut orienter le faisceau laser (5) de manière à apporter de l'énergie notamment vers
10 le sommet S de ladite section triangulaire ou vers ladite jonction (16) localisés dans la partie (12) jouxtant le bord supérieur (2), de manière à ce qu'un rebord protecteur (420) se forme et recouvre la tranche intérieure (33) dudit bord inférieur (3), typiquement par fluage de la matière dudit bord supérieur (2). Comme déjà mentionné et comme cela apparaît sur les figures 5a et 5c, le sommet S correspond à la ligne de jonction (16) entre
15 le bord supérieur (2) et l'extrémité (30) du bord inférieur (3) ou son prolongement.

De même, on peut orienter le faisceau laser (5) de manière à apporter de l'énergie notamment vers la limite intérieure (31) du bord inférieur, sur ledit bord (3) ou sur ladite
partie (13) jouxtant ledit bord, selon la position de l'extrémité (20) du bord supérieur après roulage, de manière à ce qu'un rebord protecteur (420) se forme et recouvre la
20 tranche extérieure (23) dudit bord supérieur (2), typiquement par fluage de la matière dudit bord inférieur (3).

Ainsi, il est possible, comme illustré sur la figure 8, de former une soudure (42) des bords (2) et (3), dont les tranches, notées respectivement (32) et (33), sont protégées par de la matière venant des couches externes (14).

25 Selon une modalité de l'invention, le faisceau laser (5) peut être orienté selon une direction D_1 prédéterminée et être orienté selon une direction D_2 , variable soit par l'angle α_2 soit par la cote Z, direction régulée de manière à ce que ledit faisceau soit typiquement maintenu dans ledit espace E.

30 Ainsi, par exemple, ledit faisceau laser (5) peut être maintenu dans l'espace E soit en modifiant la distance focale du faisceau, soit en déplaçant le laser.

Le faisceau laser (5) peut être est orienté selon une direction D_1 d'angle α_1 compris entre $+75^\circ$ et $+90^\circ$.

Il peut être avantageux d'orienter ledit faisceau laser (5) selon la bissectrice de l'angle β formé par lesdits bords supérieur et inférieur, avec l'angle α_1 compris entre -20° et $+20^\circ$. Dans ce cas, le faisceau, qui est presque perpendiculaire à la direction X de la bande ou du tube est positionné près de la base AB du triangle ABC où l'écartement entre les bords (2) et (3) est maximum.

Selon une modalité de l'invention, ledit faisceau laser (5) peut être soumis à un balayage d'avant en arrière, selon la direction X, sur tout ou partie de la distance L, à une vitesse de balayage typiquement double de la vitesse V, de manière à ce que chaque portion des bords supérieur (2) et inférieur (3) destiné à recevoir ledit faisceau, le reçoive deux fois avant compression desdits bords, et de manière à privilégier l'absorption en surface du rayonnement laser.

Selon l'invention, l'énergie du faisceau laser est choisie à un niveau permettant son absorption par le matériau constituant la bande lorsque le faisceau pénètre dans l'espace ou la cavité E. Ce faisceau laser (5) peut être introduit dans ledit espace grâce à une ou plusieurs fibres optiques.

Il est avantageux que ladite bande (1), avant soudure, soit maintenue sous une tension, dans la direction X de la bande ou du tube, comprise entre 0,2 et 0,8 fois sa limite élastique. En effet, comme observé par la demanderesse, cela contribue à stabiliser la position de l'espace E, même à grande vitesse V.

Selon une modalité avantageuse de l'invention, à l'étape 5) du procédé, on peut comprimer lesdits bords supérieur (2) et inférieur (3) avec un apport thermique, obtenu typiquement avec un chauffage par induction (641) qui complète le réchauffage préalable desdits bords (2,3) par le faisceau laser (5).

En effet, bien que le faisceau laser puisse apporter aux bords à souder toute l'énergie nécessaire, il est préférable que cet apport d'énergie se fasse d'une part par un premier apport par un faisceau laser sur les bords à souder eux-mêmes, et d'autre part par un

apport complémentaire lors de la compression des bords à souder mis en regard, cet apport se faisant en chauffant par induction la bande mobile « chaude » (640) en acier revêtu de téflon.

La demanderesse a observé que les meilleures performances étaient obtenues en utilisant ce double apport d'énergie, le premier ayant lieu à l'intérieur même de la soudure, le second à l'extérieur de la soudure. En particulier, il est ainsi possible d'obtenir les meilleures performances tant en ce qui concerne la vitesse de production que la protection des tranches (23,33) des bords (2,3) lorsqu'une telle protection est nécessaire, ce qui n'est pas toujours le cas dans la mesure où seulement les applications les plus exigeantes utilisent une bande comprenant une couche intérieure d'EVOH.

Dans le procédé selon l'invention, à l'issue de l'étape 5), on peut refroidir la soudure longitudinale (42) formée entre lesdits bords supérieur (2) et inférieur (3), de manière à pouvoir augmenter la vitesse V. On peut utiliser pour cela une bande mobile « froide » (650).

Il est possible également de réunir les deux bandes (640) et (650) en une seule, comme indiqué par des pointillés entre les figures 1b et 1c, en particulier dans le cas où l'apport complémentaire d'énergie n'est pas très élevé.

Dans le procédé selon l'invention, on peut choisir les plages pour les paramètres relatifs à l'espace E et à la soudure (42) :

En ce qui concerne l'espace E :

- L : typiquement compris entre 5 et 20 cm
- AB : typiquement compris entre 1 et 8 mm
- Largeur l_s et l_i des bordures : typiquement compris entre 1 et 8 mm

En ce qui concerne la soudure (42) :

- Recouvrement R des bords à souder : typiquement compris entre 0,5 et 3 mm
- Largeur du rebord protecteur (420), le cas échéant : typiquement compris entre 0,5 et 2 mm.

Selon l'invention, la bande (1) peut être constituée ou comprendre les matériaux suivants pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention : PE, PP, PA, PET, EVOH, ou autres matières plastiques à propriétés de barrière ou non, matériaux multicouches plastiques ou métalloplastiques revêtus extérieurement des couches thermoplastiques citées précédemment, matériaux qui peuvent comprendre des dépôts de SiO_x , de carbone dans des épaisseurs typiquement comprises entre 150 et 400 μm .

Ces matériaux sont typiquement imprimés sur une face.

Comme exemple de matériau multicouche, on peut citer un matériau ayant la structure suivante : PE/EVOH/PE.

10 Comme exemple de matériau métalloplastique, on peut citer PE/M/PE, où M désigne une feuille métallique, typiquement Al, Fe, Cu, etc...

On peut aussi avoir des matériaux multicouche plastiques comprenant une couche de papier : PE/Papier/PE

15 Comme déjà mentionné, ces matériaux doivent présenter une résistance à la flexion comprise dans la plage 5N - 10 N. En effet, c'est grâce à ces propriétés mécaniques de la bande qu'il est possible de mettre en regard les bords à souder sans avoir à introduire un guidage positif de ces bords eux-mêmes, et ainsi qu'il est possible d'envoyer un faisceau laser dans un milieu strictement absorbant constitué par le matériau à souder seulement.

20 Un autre objet de l'invention est constitué par le dispositif (6) pour mettre en oeuvre le procédé selon une quelconque des revendications 1 à 26 comprenant :

- des moyens de guidage latéral (60) de la bande (1),
- des moyens de roulage (63) de la bande autour d'un mandrin central fixe (62), de manière à mettre en regard les bords à souder (2,3) et à former une cavité ou un espace

25 E fixe, fermée à son extrémité aval par le recouvrement R desdits bords formant le début de la soudure longitudinale (42),

- un laser (5) pour réchauffer les surfaces intérieures des bords (2,3) à souder en dirigeant un faisceau laser dans ladite cavité E,

30 - un moyen (64) pour comprimer ledit recouvrement des bords formant la soudure, typiquement grâce une bande métallique (640), avec un apport d'énergie

complémentaire à celui du laser, typiquement par chauffage par induction (641) de ladite bande métallique,

- un moyen (65) pour refroidir ledit recouvrement, typiquement grâce à une bande métallique (650),

5 - un moyen de tronçonnage (67) pour découper le tube (4) en portions de tube (41),

- des moyens pour assurer le positionnement et le déplacement du tube (4),

- des moyens, typiquement informatiques, de pilotage de la ligne comprenant des capteurs mesurant des grandeurs, typiquement de vitesse, de position des bords de la bande, de température, et des actionneurs pour maintenir les valeurs de consigne

10 desdites grandeurs dans une plage de valeurs prédéterminée.

EXEMPLES DE REALISATION

15 Comme matériau, on a utilisé une bande de PE/Adh/EVOH/Adh/PE, où PE, Adh et EVOH désignent respectivement une couche de PE, d'adhésif et d'EVOH. Les épaisseurs respectives des couches de la bande étant : 150 μm , 10 μm , 20 μm , 10 μm et 90 μm .

Cette bande, compte tenu du choix des matériaux et de leur épaisseur, présente une
20 résistance à la flexion de 6,6 N.

La mesure de la résistance à la flexion est effectuée selon la méthode dite de la lame d'appui, schématisée sur la figure 9 : la tête d'un dispositif de traction (7), non représenté, est doté d'une lame (70) typiquement triangulaire dont la base mesure 13,3 mm de longueur. On mesure la force d'appui maximale sur une portion de tube
25 cylindrique constitué du matériau à tester, force nécessaire pour faire plier le sommet du cylindre de 20 mm, comme illustré en pointillés sur la figure 9, la portion de tube étant placée dans un socle de section carrée ayant pour arête intérieure la diamètre extérieur du tube, choisi égal à un pouce (un « inch »), soit environ 25,5 mm.

30 Les figures constituent un exemple de réalisation.

La figure 1 est une vue, en coupe longitudinale dans le plan XZ ou P_{XZ} , du dispositif ou ligne de production (6) permettant de fabriquer les tubes (4) ou portions de tube (41) à partir d'une bande (1) en bobine.

On a repéré des différents moyens de la ligne (6) selon la direction longitudinale X par leur abscisse $X=X_A$ à $X=X_F$ sur la figure 1e.

Les figures 1a à 1d sont des vues en coupe selon le plan P_{XZ} des différentes bandes mobiles du dispositif (6) fermées sur elles-mêmes, positionnées les unes par rapport aux autres selon l'axe X, mais décalées selon l'axe Z de manière à les présenter séparément :

- figure 1a : bande (620) solidaire du mandrin central (62), représentée en coupe sur les figures 4az, 4b et 7, située au-dessous de la soudure longitudinale (42), et s'étendant de $X=X_D$ à $X=X_G$ soit sur une longueur de 1,8 m environ.

- figure 1b : bande de compression « chaude » (640), située au-dessus de la soudure longitudinale (42) de $X=X_E$ à $X=X_F$, soit sur une longueur de 0,4 m environ

- figure 1c : bande de compression « froide » (650), située au-dessus de la soudure longitudinale (42) de $X=X_F$ à $X=X_G$, soit sur une longueur de 1 m environ la figure 1c,

- figure 1d : bande support (660), située au-dessous de la bande roulée et du tube, entraînant le tube sur une longueur de 2,5 m environ, entre $X=X_B$ à $X=X_H$,

La figure 1e et 1f sont relatives au matériau en bande (1) dans ladite ligne (6) et à sa transformation par roulage : la figure 1e montre cette transformation en coupe dans le plan P_{XZ} , alors que la figure 1f illustre, sous forme de coupes transversales dans le plan YZ ou P_{YZ} , les différentes étapes du roulage de la bande (1) à différentes étapes du procédé ou, ce qui revient au même, différentes abscisses, notées de X_A à X_H le long de l'axe X.

Dans ce qui suit, relativement à la figure 1, nous indiquerons, d'amont vers l'aval, les différents moyens présents sur la ligne (6), outre les différentes bandes des figures 1a à 1e, certains de ces moyens n'étant pas représentés en tant que tels sur la figure 1 pour ne pas l'alourdir :

- en amont de $X=X_A$, qui représente le point de la ligne (6) où la bande arrive plane et en position transversale correcte, c'est-à-dire avec son plan médian (100) comprenant l'axe longitudinal (40) fixe, se trouvent d'abord les moyens (10) d'approvisionnement en bande (1), typiquement un dévideur de bobine de matériau, puis un moyen de guidage latéral (60), puis, comme illustré de manière plus détaillée sur la figure 3, deux rouleaux de tension (61), avec un rouleau de tension amont (610) et un rouleau de tension aval (611), dont la différence de vitesse de rotation induit une tension dans la bande destinée à stabiliser ses bords ou rives en supprimant des ondulations latérales lorsqu'elles sont présentes.

La figure 3 est une vue schématique d'un dispositif (61) comprenant deux rouleaux de tension (610) et (611), avec soit, les deux rouleaux étant de même diamètre comme illustré sur la figure 3, le second rouleau (611) tournant à une vitesse angulaire ω_2 supérieure à celle ω_1 du premier rouleau (610), soit, les vitesses angulaires étant voisines, le second rouleau (611) ayant un plus grand diamètre que le premier rouleau (610), de manière à ce que la vitesse linéaire de la bande (1) soit plus élevée en sortie du second rouleau que du premier rouleau, et que de ce fait, la bande (1) soit soumise entre ces deux rouleaux à une tension longitudinale pouvant atteindre la limite élastique du matériau constituant la bande.

On a représenté la bande (1) en amont du rouleau (610) avec des irrégularités ou ondulations des bords, alors que, après mise sous tension de la bande, en aval du rouleau (611), la bande ne présente pas de bords irréguliers. Cette tension, typiquement comprise entre 0,3 et 0,8 fois la limite élastique du matériau formant la bande (1), est maintenu durant la formation du tube (4).

- entre $X=X_A$ et $X=X_B$, on trouve des moyens complémentaires de positionnement, comme ceux représenté sur la figure 3.

- au point $X=X_B$, se trouve un roulette centrale (630) en appui sur la bande (1), de manière à commencer le roulage de cette bande selon un profil transversal représenté sur la figure 1f.

- au point $X=X_C$, se trouvent les roulettes à gorge (6310), la bande présentant alors un profil transversal représenté sur la figure 1f. La figure 2 représente, en coupe dans le plan P_{YZ} , un dispositif (631) de guidage des bords ou lisières (2,3) de la bande (1), à

l'aide de deux roulettes à gorge (6310), les bords étant maintenus dans les gorges, ce dispositif (631) comprenant un support circulaire (6311) fixé lui-même au bâti de la ligne (6).

- entre $X=X_C$ et $X=X_D$, se trouvent notamment des moyens (non représentés sur la figure

5 1) pour maintenir en position le mandrin central (62) et éventuellement pour poursuivre le roulage de la bande.

- entre $X=X_D$ et $X=X_E$, des galets de roulage haut (632) et bas (633) (non représentés sur la figure 1) sont appliqués latéralement, comme représenté sur les figures 4a et 4b, de manière à rabattre les bords (2,3) de la bande et former la cavité ou espace E, de
10 géométrie constante prédéterminée, comme illustré sur les figures 5a à 5c et sur la figure 6. Un faisceau laser (5) est introduit dans la cavité E, comme représenté sur la figure 6, avec une orientation selon les figures 6a et 6b.

On a utilisé un laser CO₂ de marque ROFIN SINAR (R), soit de type SC20 et d'une
15 puissance de 250W permettant de travailler dans une plage de vitesse allant de 20 à 30 m/min, soit de type SC60 et d'une puissance de 600W permettant de travailler dans une plage de vitesse pouvant atteindre 60 m/min.

Les figures 4a et 4b sont des coupes dans le plan P_{YZ} qui illustrent le roulage de la
20 bande (1) à l'aide de galets de roulage « bas » (632) et « haut » (633), galets qui présentent respectivement une surface concave (6320) et (6330) et un axe de rotation (6321) et (6331), de manière à mettre en regard les bords supérieur (2) et inférieur (3) en vue de leur soudure.

Les axes (6321) et (6331) sont verticaux sur la figure 4a, et inclinés sur la figure 4b.

25 Les figures 5a à 5c représentent l'espace ou cavité E formé entre les bords supérieur (2) et inférieur (3) mis en regard, dans lequel sera dirigé le faisceau laser.

Les figures 5a et 5b sont des vues, dans le plan P_{YZ} , des extrémités de la zone d'action du laser, zone de longueur L repérée par les abscisses, X_D et X_E , de ses extrémités, les bords (2,3) faisant un angle β typiquement compris entre 15 et 70° pour l'abscisse
30 $X=X_D$, à l'extrémité amont de cette zone, et un angle virtuellement nul pour l'abscisse $X=X_E$ à l'extrémité aval de cette zone.

La figure 5c représente, en perspective, la totalité de l'espace ou cavité de longueur L, dont l'extrémité amont est représentée à la figure 5a et l'extrémité aval à la figure 5b.

Les figures 6 à 6b sont relatives à l'irradiation de l'espace E par le faisceau laser (5), l'orientation du faisceau étant celle de sa bissectrice.

- 5 La figure 6 est une vue en coupe de l'espace E selon le plan P_{YZ} , alors que les figures 6a et 6b illustrent l'orientation du faisceau et la signification des angles α_1 et α_2 .

au point $X=X_E$, débute la soudure longitudinale (42), les bords (2,3) étant alors rabattus l'un sur l'autre, après que les surfaces intérieures en regard aient été portées à la température adéquate par le faisceau laser, comme représenté sur la figure 1f.

- 10 - entre $X=X_E$ et $X=X_F$, la bande chaude (640) comprime la soudure longitudinale, comme illustré sur la figure 7. Cette bande a été chauffée par induction, à une température comprise entre 130°C et 170°C selon la vitesse V.

- La figure 7 est une vue en coupe selon le plan P_{YZ} , du dispositif en aval du point
15 d'abscisse X_E de la figure 1f, les différents éléments étant présentés écartés pour la clarté de la figure, avec au centre le mandrin central (62) porteur de la bande (620) sur lequel est roulé le tube (4). La soudure (42) du tube est comprimée entre une bande supérieure (641) et une bande inférieure (620), un moyen de chauffage (640) – typiquement par induction- et de compression (64) étant représenté au-dessus de la
20 bande supérieure (641).

- entre $X=X_F$ et $X=X_G$, la bande froide (650) comprime et refroidit la soudure longitudinale.

- en aval du point $X=X_G$, le tube (4), formé, n'est plus maintenu par un mandrin intérieur (62), mais par des roulettes latérales (non représentées) qui guident le tube (4)
25 vers un dispositif de tronçonnage (67) permettant d'obtenir des portions de tube (41) de longueur prédéterminée.

- La ligne (6) comprend des moyens (non représentés) de pilotage de la ligne informatisés comprenant les capteurs nécessaires relatifs notamment au positionnement de la bande
30 avant roulage, à la vitesse des différentes parties de la ligne, à la température de la soudure et des moyens de chauffage utilisés, à l'énergie du faisceau laser, et les

actionneurs correspondants pour maintenir les valeurs de consigne dans un intervalle prédéterminé.

Les essais ont été réalisés à toute une série de vitesses différentes : 20 – 30 – 40 – 45 –
5 50 – 55 et 60 m/min.

Dans les essais précédents, la part d'énergie apportée par le laser et celle apportée par le chauffage par induction a été considérée en première approximation (aux pertes près) comme étant proportionnelle à la puissance installée. Ainsi, les essais ont été réalisés avec un apport d'énergie voisin de 3/4 par le laser et 1/4 par induction.

10 D'autres essais ont montré la possibilité de faire varier, autour de ces valeurs, la part du chauffage par le laser et celle du chauffage par induction.

A chaque essai, les tubes obtenus ont été examinés en coupe, comme illustré sur la figure 8 qui est une vue en coupe selon le plan P_{YZ} , de la soudure (42) du tube. On a représenté la couche centrale (11), typiquement en EVOH, recouverte de couches
15 externes (12), typiquement en matière plastique polyoléfinique, la formation de la soudure selon l'invention conduisant à ce que la matière des couches externes (12) flue et forme un rebord protecteur (12) qui isole la couche centrale (11).

On a obtenu des tubes ayant les valeurs suivantes (détermination sur des coupes) pour :

* le recouvrement R : 1,5 mm

20 * la largeur l_i sur laquelle le bord inférieur est recouvert par le bord supérieur avec sa zone de fluage formant le rebord protecteur (420) est sensiblement égal à la largeur correspondante l_s et vaut environ 3 mm, de sorte que la couche intérieure d'EVOH est protégée par les rebords protecteurs (420).

En fonction de la vitesse V, on a fait les observations suivantes en ce qui concerne la
25 conduite de la ligne et la qualité du tube obtenu, principalement la qualité de la soudure : au-delà d'une vitesse V égale à 50 m/min, l'intégrité de la soudure n'est plus obtenue, alors qu'en deçà d'une vitesse V égale à 50 m/min, la soudure est parfaitement cohésive et ne se délamine pas.

30 AVANTAGES DE L'INVENTION

L'invention divulgue un procédé présentant plusieurs avantages :

- d'une part, le procédé permet d'augmenter de manière très significative la vitesse de fabrication des tubes,
- d'autre part, ce procédé peut utiliser une très grande variété de matériaux en bande, pour peu que ces matériaux en bande satisfassent aux conditions définies dans la présente invention,
- en outre, ce procédé, qui utilise typiquement un apport énergétique double, à la fois par un laser, et par un moyen de chauffage complémentaire, typiquement par induction, présente une grande souplesse de fonctionnement de la ligne, notamment en cas de variations de vitesse, ou lors des démarrages ou des arrêts,
- de plus, le double apport énergétique conduit à une soudure de bonne qualité et de qualité constante, notamment en ce qui concerne le recouvrement des tranches protégeant la couche centrale d'EVOH,
- enfin, ce procédé peut être mis en oeuvre moyennant des transformations relativement peu coûteuses des lignes de production traditionnelles.

Liste des repères

	Bande / matériau en bande.....	1
	Bobine/alimentation en bande.....	10
20	Plan médian longitudinal / médiane...	100
	Couche centrale EVOH.....	11
	Partie jouxtant le bord supérieur.....	12
	Partie jouxtant le bord inférieur.....	13
	Couche externe.....	14
25	Ondulations sur les bords.....	15
	Jonction de l'extrémité 30 et du bord 2...	16
	Bord supérieur.....	2
	Extrémité.....	20
	Limite intérieure.....	21
30	Partie jouxtant le bord (2).....	22
	Tranche supérieure de la soudure.....	23

	Bord inférieur.....	3
	Extrémité.....	30
	Limite intérieure.....	31
	Partie jouxtant le bord (3).....	32
5	Tranche supérieure de la soudure.....	33
	Tube.....	4
	Axe X du tube ou du mandrin central 62	40
	Portions de tube.....	41
	Soudure longitudinale.....	42
10	Rebord protecteur.....	420
	Faisceau laser.....	5
	Point focal.....	50
	Dispositif / ligne de fabrication.....	6
	Moyen de guidage latéral.....	60
15	Cellule photo-électrique.....	600
	Couteaux circulaires.....	601
	Largeur excédentaire.....	602
	Rouleaux de tension	61
	Rouleau amont (ω_1).....	610
20	Rouleau aval (ω_2).....	611
	Mandrin central.....	62
	Bande mobile de transport.....	620
	Moyens de roulage.....	63
	Roulette centrale.....	630
25	Guide lisière.....	631
	Roulettes à gorge.....	6310
	Support.....	6311
	Galets de roulage haut.....	632
	Profil concave.....	6320
30	Axe de rotation.....	6321
	Galets de roulage bas.....	633

21

	Profil concave.....	6330
	Axe de rotation.....	6331
	Moyens de compression.....	64
	Bande mobile « chaude ».....	640
5	Chauffage induction.....	641
	Moyens de refroidissement	65
	Bande mobile « froide ».....	650
	Moyens de support.....	66
	Bande support.....	660
10	Dispositif de tronçonnage du tube.....	67
	Dispositif de traction.....	7
	Lame d'appui.....	70
	Socle.....	71

15

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un tube (4), typiquement en matière plastique, sur une ligne de fabrication (6), dans lequel :

- 5 a) on approvisionne une bande (1) en ladite matière plastique,
b) on guide ladite bande et on la roule pour mettre en regard les bords (2,3) de ladite bande,
c) on soude au laser lesdits bords selon une génératrice dudit tube d'axe de révolution X, typiquement cylindrique, et on comprime les bords soudés, de manière à former ledit
10 tube,

d) on entraîne ledit tube et ladite bande à une vitesse V, et, typiquement, on découpe à longueur des portions de tubes (41) d'une longueur prédéterminée, procédé caractérisé en ce que :

1) on approvisionne un matériau en bande (1) présentant une résistance à la flexion,
15 mesurée selon une méthode dite de la lame d'appui, allant de 5 N à 10 N,

2) avant roulage de ladite bande, on la guide d'abord selon l'axe travers Y grâce à un moyen de guidage latéral (60), de manière à garantir un positionnement latéral fixe de ladite bande par rapport à l'axe long X (40) du tube,

3) on roule ladite bande, autour d'un mandrin central (62) fixe à bande mobile de transport (620), en repoussant ses bords (2,3), compte tenu de ladite résistance à la flexion de ladite bande, à l'aide de moyens de roulage (63), et typiquement vers le haut, de manière à mettre en regard les bords (2,3) de la bande en formant une cavité ou un espace E de scellage présentant, sur une longueur L et dans le plan P_{YZ} perpendiculaire à l'axe X, une section, typiquement triangulaire, variable avec l'abscisse l allant de 0 à L,

25 le sommet S de ladite section triangulaire étant formée par la jonction (16) d'un bord dit inférieur (3) de la bande, de largeur l_i entre son extrémité extérieure (30) et sa limite intérieure (31), ou de son prolongement, avec un bord dit supérieur (2) de la bande et de largeur l_s entre son extrémité extérieure (20) et ladite jonction (43), et la base AB de ladite section étant délimitée par ladite extrémité A (21) dudit bord supérieur (2) et par
30 ladite limite intérieure B (31) dudit bord inférieur (3), la base AB étant maximale pour

$l=0$ et typiquement nulle, en C pour $l=L$, de manière à former un espace E fixe quelle que soit la vitesse V,

- 4) on dirige vers ledit espace E un faisceau laser (5) d'une puissance adaptée à la vitesse V, de manière à apporter, à la surface interne dudit bord supérieur (2) constituant la face supérieure dudit espace et/ou à la surface externe dudit bord inférieur (3) constituant la face inférieure dudit espace, au moins la moitié de la quantité d'énergie nécessaire pour souder lesdits bords supérieur (2) et inférieur (3),
- 5) on comprime lesdits bords supérieur et inférieur selon une zone longitudinale de recouvrement R, en apportant, typiquement à l'aide d'un chauffage par induction, le complément éventuel d'énergie pour obtenir ladite quantité d'énergie, de manière à les souder et à former ainsi ledit tube.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel ladite compression des bords supérieur (2) et inférieur (3) qui constitue leur réunion, clôt en C l'extrémité aval dudit espace E, de sorte que la face ouverte dudit espace a typiquement la forme d'un triangle ABC dont le sommet C se situe à l'extrémité aval dudit espace E.

3. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 2 dans lequel, sur toute la longueur L de l'espace E, l'extrémité (30) dudit bord inférieur (3) est maintenue à une cote verticale Z typiquement constante par rapport au mandrin central (62).

4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel, sur ladite distance L, on maintient ledit bord inférieur (3) à une cote verticale Z fixe, grâce à un ou plusieurs galets de roulage dits « bas » (633) en appui sur le bord inférieur (3) dudit film ou sur une partie (13), jouxtant ledit bord (3), galets qui présentent un profil concave (6330) typiquement destiné à coopérer avec un profil convexe dudit mandrin central (62), et grâce à la résistance à la flexion de ladite bande (1).

5. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel, sur ladite distance L, la cote verticale Z de l'extrémité (20) dudit bord supérieur (2) diminue progressivement quand l passe de 0 à L, grâce à un ou plusieurs galets de roulage dits

« hauts » (632) en appui sur le bord supérieur (2) dudit film ou sur une partie (12), jouxtant ledit bord (2), galets qui présentent un profil concave (6320) typiquement destiné à coopérer avec un profil convexe dudit mandrin central (62), et grâce à la résistance à la flexion de ladite bande (1).

5

6. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel, à l'étape 2) du procédé, ledit moyen de guidage latéral (60) comprend un moyen, typiquement doté d'une cellule photoélectrique (600), pour déterminer en continu la position de ladite bande sur l'axe travers Y, et pour corriger tout écart de manière à ce que le plan médian (10) de ladite bande (1) contienne ledit axe X.

10

7. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel, à l'étape 1) du procédé, on approvisionne ladite bande (1) avec une largeur supérieure de 1 à 5% à la largeur théorique de ladite bande compte tenu du diamètre du tube à fabriquer et d'un recouvrement des bords à souder, et dans lequel, à l'étape 2) du procédé, on découpe, typiquement par une paire de couteaux circulaires (601) positionnés de manière symétrique par rapport à la médiane ou au plan médian (10) de la bande, la largeur excédentaire de ladite bande (602), de manière à fournir une bande dont la médiane ne s'écarte pas du plan P_{XZ} centré contenant l'axe X.

15

20

8. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel, notamment de manière à pouvoir soit élargir les possibilités d'approvisionnement en bandes, soit augmenter la vitesse V tout en garantissant la qualité de la soudure (42) du tube, on fait passer ledit film entre rouleaux de tension (61), typiquement juste en amont de l'étape 2) du procédé, pour exercer une tension dans le sens long de la bande, tension typiquement inférieure à la limite élastique de la bande, mais assez élevée pour que disparaissent d'éventuelles ondulations (15) des bordures ou rives de ladite bande, ondulations formées généralement dans un plan P_{XZ} .

25

9. Procédé selon la revendication 8 dans lequel on exerce ladite tension en utilisant deux rouleaux ou cylindres, avec un rouleau aval (611) imposant audit film une vitesse linéaire instantanée supérieure à celle imposée par un rouleau amont (610).

5 10. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 9 dans lequel entre l'étape 2) du procédé où le positionnement latéral Y de la bande est régulé, et l'étape 3) où ladite bande est roulée, on impose à ladite bande une forme incurvée intermédiaire, typiquement par la coopération d'une roulette centrale (630) en appui vertical sur la ligne médiane (10) de ladite bande, et d'au moins un jeu de deux roulettes à gorges
10 (6310) latérales, typiquement celles d'un guide lisière (631), exerçant une action contraire tendant à remonter les bords ou lisières (2,3) de ladite bande, l'angle des deux bords ou lisières étant typiquement compris entre 120 et 60° à ce stade de l'étape de roulage.

15 11. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel le faisceau laser (5) est orienté dans le plan horizontal YX selon une direction D_1 faisant un angle α_1 compris entre -30° et $+90^\circ$, par rapport à l'axe transversal Y de référence.

20 12. Procédé selon la revendication 11 dans le faisceau laser (5) est orienté dans le plan vertical ZD_1 , comprenant ladite direction D_1 , selon une direction D_2 faisant un angle α_2 compris entre $+10^\circ$ et -30° , par rapport à la direction horizontale D_1 .

25 13. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 12 dans lequel on choisit pour le faisceau laser (5) une focalisation telle que le point focal (50) soit extérieur à ladite cavité E, et de manière à ce que la totalité du faisceau pénètre dans ladite cavité E, la largeur (51) du faisceau (5) à l'entrée de ladite cavité E étant typiquement comprise entre $0,9.AB$ et $0,30.AB$.

30 14. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 13 dans lequel on oriente le faisceau laser (5) de manière à apporter de l'énergie notamment vers le sommet S de ladite section triangulaire ou vers ladite jonction (16) localisés dans la partie (12)

jouxtant le bord supérieur (2), de manière à ce qu'un rebord protecteur (420) se forme et recouvre la tranche intérieure (33) dudit bord inférieur (3), typiquement par fluage de la matière dudit bord supérieur (2).

5 15. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 14 dans lequel on oriente le faisceau laser (5) de manière à apporter de l'énergie notamment vers la limite intérieure (31) du bord inférieur, sur ledit bord (3) ou sur ladite partie (13) jouxtant ledit bord, selon la position de l'extrémité (20) du bord supérieur après roulage, de manière à ce qu'un rebord protecteur (420) se forme et recouvre la tranche extérieure (23) dudit bord
10 supérieur (2), typiquement par fluage de la matière dudit bord inférieur (3).

16. Procédé selon une quelconque des revendications 11 à 15 dans lequel le faisceau laser (5) est orienté selon une direction D_1 prédéterminée et est orienté selon une direction D_2 , variable soit par l'angle α_2 soit par la cote Z, direction régulée de manière
15 à ce que ledit faisceau soit typiquement maintenu dans ledit espace E.

17. Procédé selon la revendication 16 dans lequel ledit faisceau laser (5) est maintenu dans l'espace E soit en modifiant la distance focale du faisceau, soit en déplaçant le laser.
20

18. Procédé selon une quelconque des revendications 11 à 15 dans lequel le faisceau laser (5) est orienté selon une direction D_1 d'angle α_1 compris entre $+75^\circ$ et $+90^\circ$.

19. Procédé selon une quelconque des revendications 11 à 15 dans lequel ledit faisceau
25 laser (5) est orienté selon la bissectrice de l'angle β formé par lesdits bords supérieur et inférieur, avec l'angle α_1 compris entre -20° et $+20^\circ$.

20. Procédé selon une quelconque des revendications 11 à 15 dans lequel ledit faisceau laser (5) est soumis à un balayage d'avant en arrière, selon la direction X, sur tout ou
30 partie de la distance L, à une vitesse de balayage typiquement double de la vitesse V, de manière à ce que chaque portion des bords supérieur (2) et inférieur (3) destiné à

recevoir ledit faisceau, le reçoit deux fois avant compression desdits bords, et de manière à privilégier l'absorption en surface du rayonnement laser.

21. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 20 dans lequel ledit faisceau laser (5) est introduit dans ledit espace grâce à une ou plusieurs fibres optiques.

22. Procédé selon une quelconque des revendications 8 à 21 dans lequel ladite bande (1), avant soudure, est maintenue sous une tension comprise entre 0,2 et 0,8 fois sa limite élastique.

23. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 22 dans lequel, à l'étape 5) du procédé, on comprime lesdits bords supérieur (2) et inférieur (3) avec un apport thermique, obtenu typiquement avec un chauffage par induction (641) qui complète le réchauffage préalable desdits bords (2,3) par le faisceau laser (5).

24. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 22 dans lequel, à l'issue de l'étape 5), on refroidit la soudure longitudinale (42) formée entre lesdits bords supérieur (2) et inférieur (3), de manière à pouvoir augmenter la vitesse V.

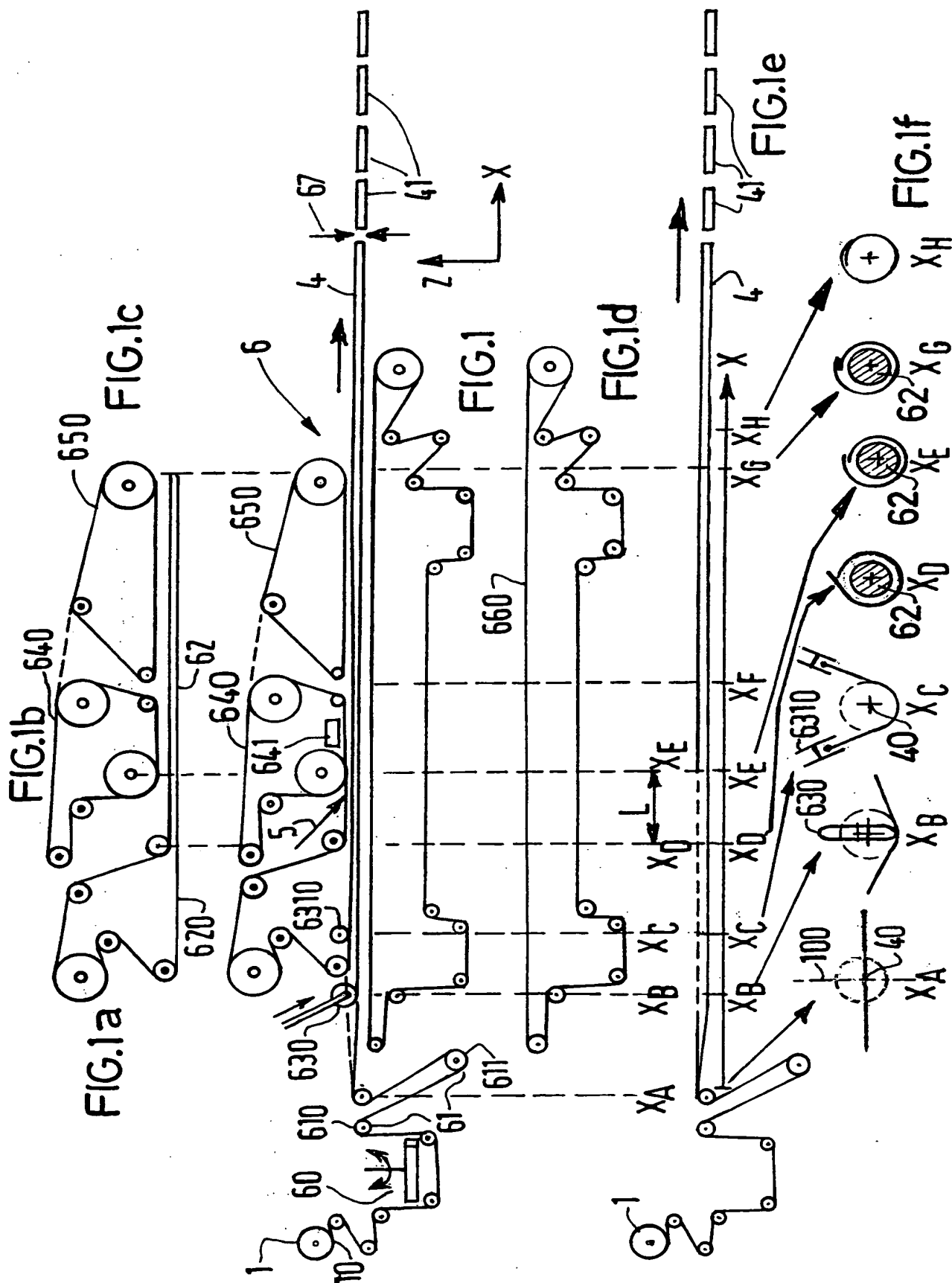
25. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 24 dans lequel la longueur L de l'espace E est comprise entre 5 et 20 cm, la longueur de sa base AB est comprise entre 1 et 8 mm, la largeur l_s et l_i des bordures étant comprise entre 1 et 8 mm.

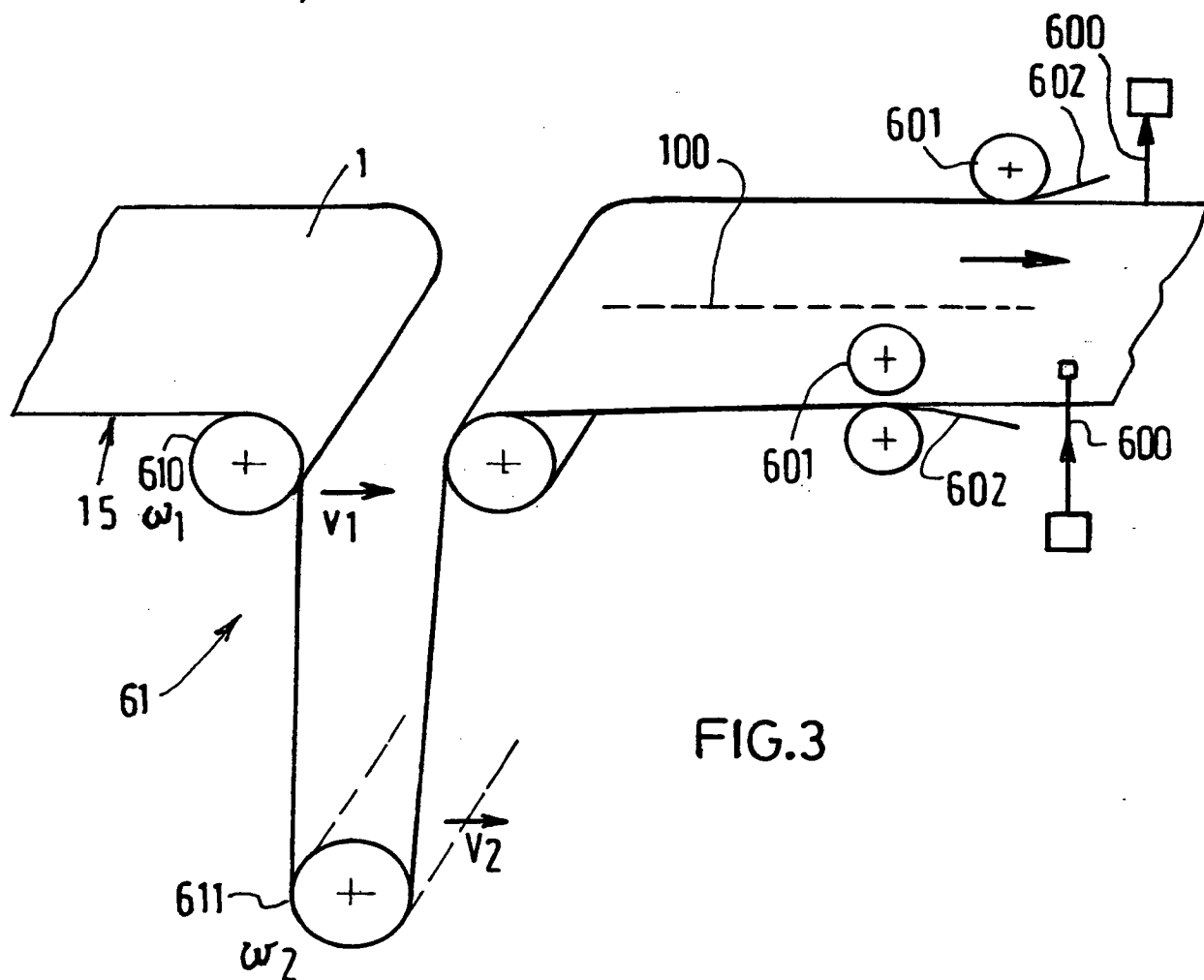
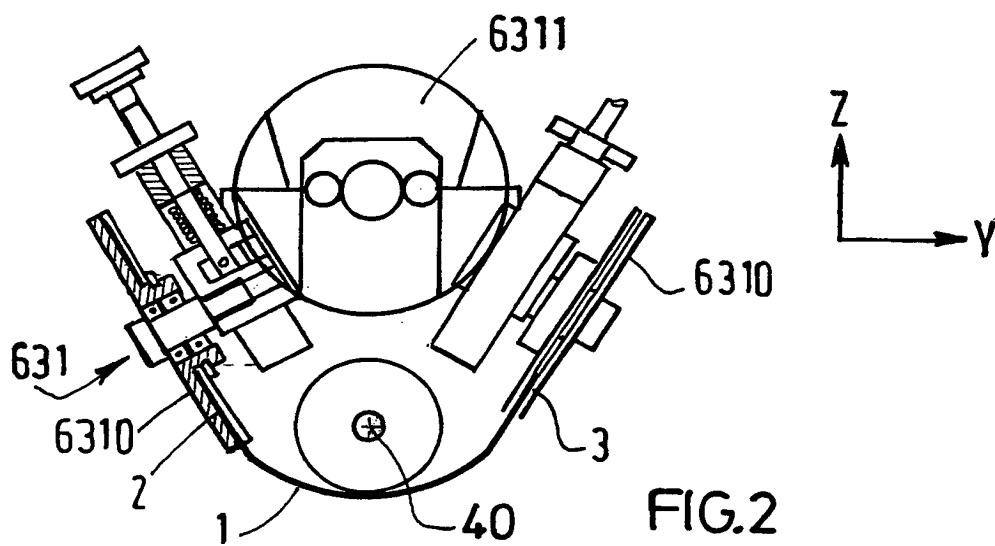
26. Procédé selon la revendication 25 dans lequel la soudure (42) présente un recouvrement R de largeur comprise entre 0,5 et 3 mm, et un bord protecteur (420) de largeur comprise entre 0,5 et 2 mm.

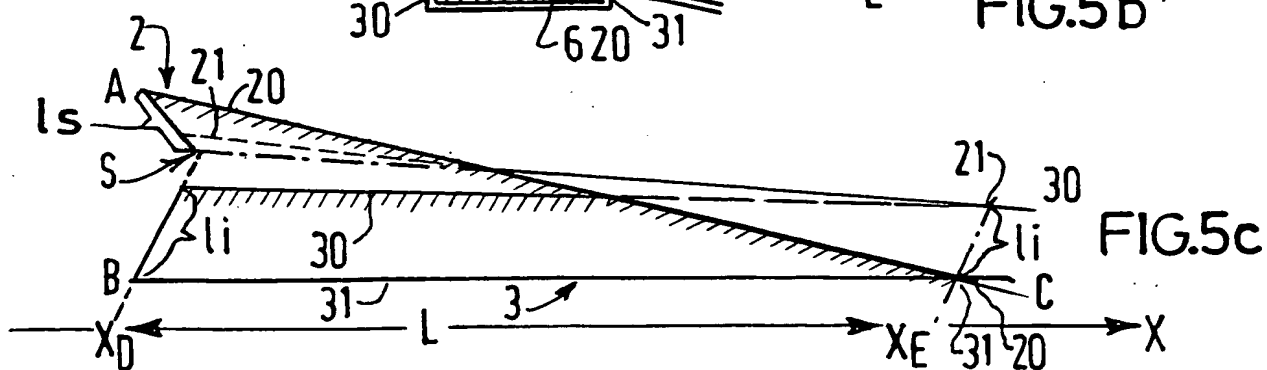
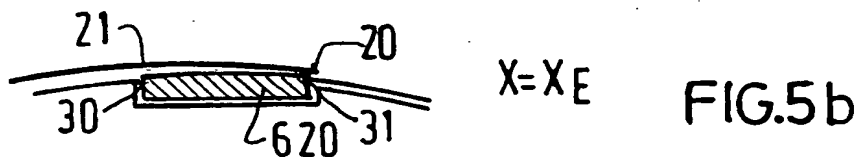
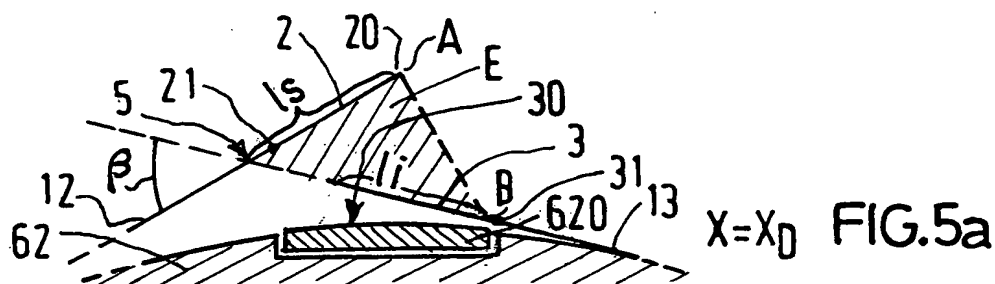
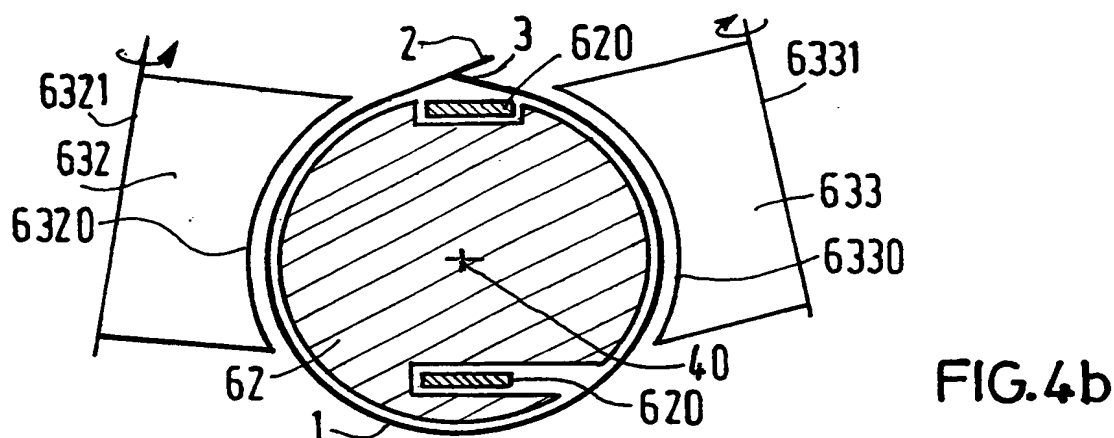
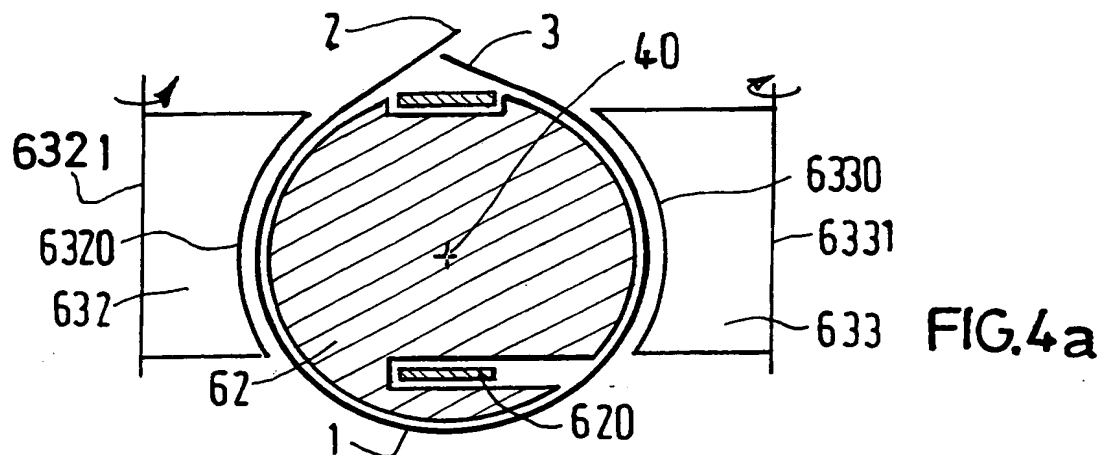
27. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 26 dans lequel la bande (1) est constituée ou comprend les matériaux suivants pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention : PE, PP, PA, PET, EVOH, ou autres matières thermoplastiques à propriétés de barrière ou non, matériaux multicouches plastiques ou métalloplastiques revêtus

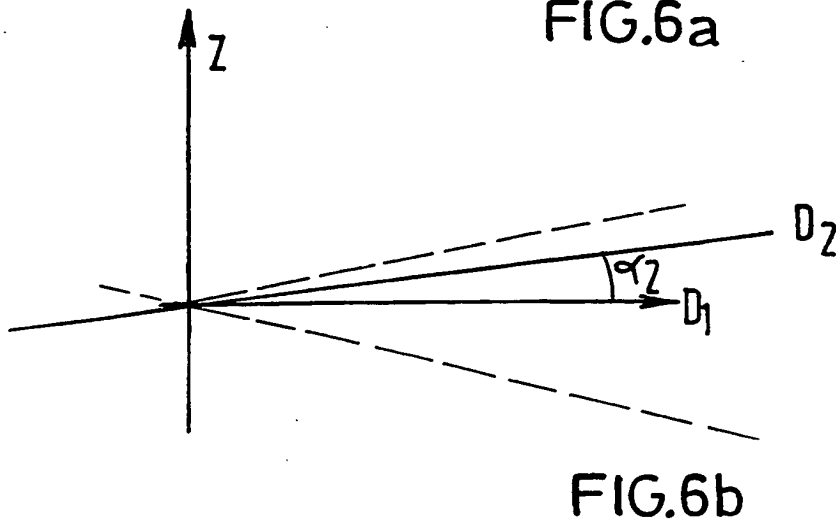
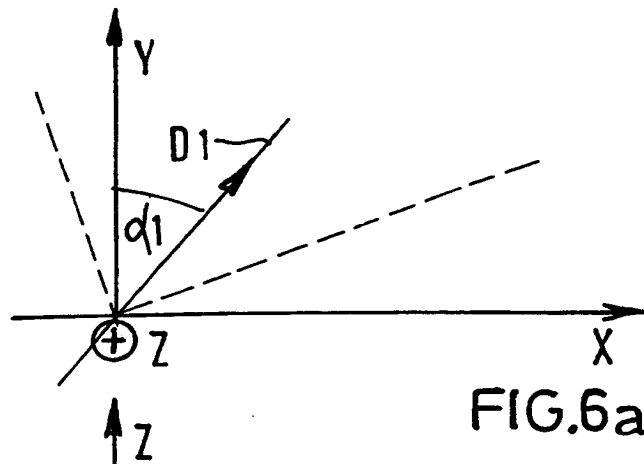
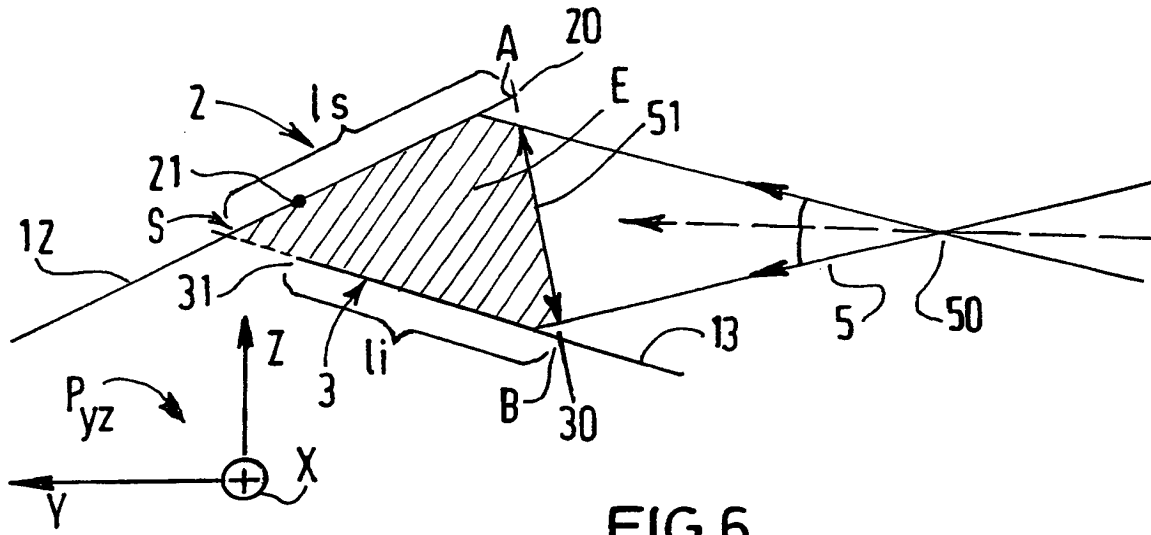
extérieurement des couches thermoplastiques citées précédemment, matériaux qui peuvent comprendre des dépôts de SiO_x , de carbone dans des épaisseurs typiquement comprises entre 150 et 400 μm .

- 5 28. Dispositif (6) pour mettre en oeuvre le procédé selon une quelconque des revendications 1 à 27 comprenant :
- des moyens de guidage latéral (60) de la bande (1),
 - des moyens de roulage (63) de la bande autour d'un mandrin central fixe (62), de manière à mettre en regard les bords à souder (2,3) et à former une cavité ou un espace
 - 10 E fixe, fermée à son extrémité aval par le recouvrement R desdits bords formant le début de la soudure longitudinale (42),
 - un laser (5) pour réchauffer les surfaces intérieures des bords (2,3) à souder en dirigeant un faisceau laser dans ladite cavité E,
 - un moyen (64) pour comprimer ledit recouvrement des bords formant la soudure,
 - 15 typiquement grâce une bande métallique (640), avec un apport d'énergie complémentaire à celui du laser, typiquement par chauffage par induction (641) de ladite bande métallique,
 - un moyen (65) pour refroidir ledit recouvrement, typiquement grâce à une bande métallique (650),
 - 20 - un moyen de tronçonnage (67) pour découper le tube (4) en portions de tube (41),
 - des moyens pour assurer le positionnement et le déplacement du tube (4),
 - des moyens, typiquement informatiques, de pilotage de la ligne comprenant des capteurs mesurant des grandeurs, typiquement de vitesse, de position des bords de la bande, de température, et des actionneurs pour maintenir les valeurs de consigne
 - 25 desdites grandeurs dans une plage de valeurs prédéterminée.









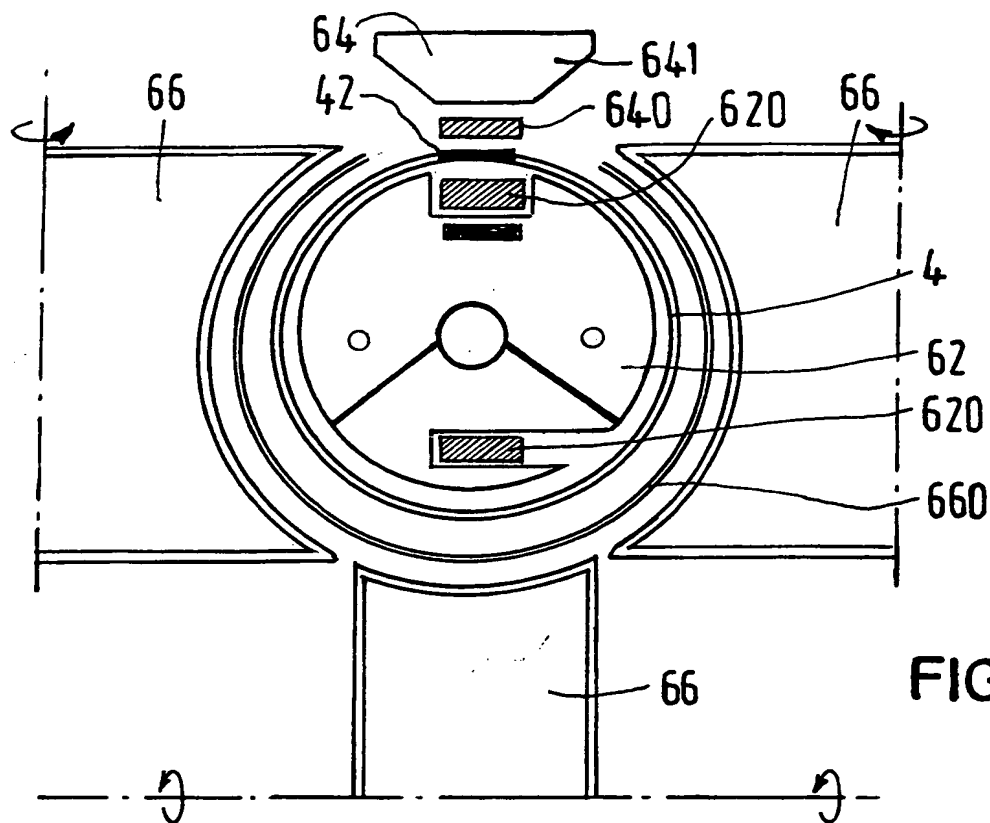


FIG. 7

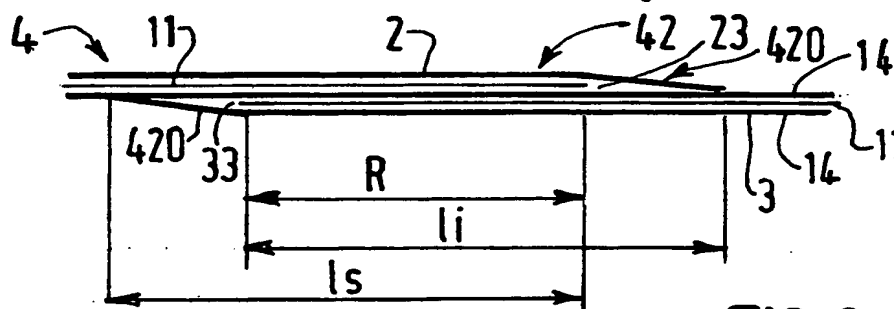


FIG. 8

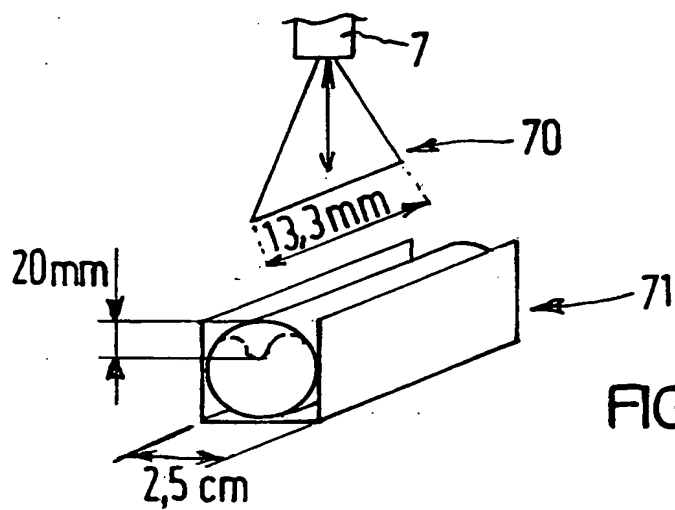


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte application No

PCT/FR 01/00387

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B29C53/50 B29C53/54

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 1 571 778 A (AMERICAN CAN COMPANY) 20 June 1969 (1969-06-20) cited in the application page 1, line 29 -page 2, line 7 page 4, line 13 - line 20 page 7, line 1 -page 9, line 37; figures 1,7-11	1,2,4,5, 8,11-19, 23,24, 27,28
Y	EP 0 237 192 A (ELOPAK AS) 16 September 1987 (1987-09-16) page 3, line 1 -page 4, line 17 -/--	1,2,4,5, 8,11-19, 23,24, 27,28

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 May 2001

Date of mailing of the international search report

15/05/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fageot, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 01/00387

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 310 443 A (BURGER HANS) 10 May 1994 (1994-05-10) column 2, line 38 -column 3, line 65 column 4, line 60 -column 5, line 22 column 6, line 6 - line 60; figures 1-4 ---	1,4-6,8, 23,24,28
A	US 4 540 392 A (JUNOD JOHN E ET AL) 10 September 1985 (1985-09-10) cited in the application column 1, line 50 - line 68 column 6, line 48 -column 7, line 15; figure 7 ---	1,2, 11-14, 16-19,28
A	GB 1 095 050 A (AMERICAN CAN COMPANY) 13 December 1967 (1967-12-13) page 2, line 128 -page 3, line 78 page 4, line 43 - line 112 page 5, line 16 - line 50; figures 1,4,5 ---	1,4,5,8, 23,24,28
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 230 (M-249), 12 October 1983 (1983-10-12) & JP 58 122819 A (TOPPAN INSATSU KK), 21 July 1983 (1983-07-21) abstract; figure 3 -----	1,2,28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte Application No

PCT/FR 01/00387

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 1571778 A	20-06-1969	BE 716577 A CH 476563 A DE 1779266 A DK 151189 B GB 1220099 A GB 1220100 A JP 50035953 B NL 6808127 A,B, NL 8004365 A,B, NL 8004370 A NL 8004371 A NO 132138 B SE 331353 B US 3575769 A	16-12-1968 15-08-1969 30-12-1971 09-11-1987 20-01-1971 20-01-1971 20-11-1975 30-09-1969 28-11-1980 28-11-1980 28-11-1980 16-06-1975 21-12-1970 20-04-1971
EP 0237192 A	16-09-1987	NO 860643 A AT 74061 T DE 3777676 A ES 2030056 T	21-08-1987 15-04-1992 30-04-1992 16-10-1992
US 5310443 A	10-05-1994	CH 682734 A AT 135960 T DE 59205801 D EP 0498764 A JP 5229009 A KR 223260 B	15-11-1993 15-04-1996 02-05-1996 12-08-1992 07-09-1993 15-10-1999
US 4540392 A	10-09-1985	EP 0147833 A JP 60157842 A NO 845183 A	10-07-1985 19-08-1985 24-06-1985
GB 1095050 A	13-12-1967	BE 657327 A CH 471669 A DE 1479930 A DK 115057 B FR 1418537 A JP 53013671 B NL 6414851 A,B NO 134288 B SE 303373 B US 3388017 A	16-04-1965 30-04-1969 04-05-1972 01-09-1969 11-02-1966 11-05-1978 21-06-1965 08-06-1976 26-08-1968 11-06-1968
JP 58122819 A	21-07-1983	JP 1743291 C JP 4028534 B	15-03-1993 14-05-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 01/00387

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B29C53/50 B29C53/54

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B29C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 1 571 778 A (AMERICAN CAN COMPANY) 20 juin 1969 (1969-06-20) cité dans la demande page 1, ligne 29 -page 2, ligne 7 page 4, ligne 13 - ligne 20 page 7, ligne 1 -page 9, ligne 37; figures 1,7-11 ----	1,2,4,5, 8,11-19, 23,24, 27,28
Y	EP 0 237 192 A (ELOPAK AS) 16 septembre 1987 (1987-09-16) page 3, ligne 1 -page 4, ligne 17 ----- -/--	1,2,4,5, 8,11-19, 23,24, 27,28

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 mai 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/05/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2260 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Fageot, P

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 310 443 A (BURGER HANS) 10 mai 1994 (1994-05-10) colonne 2, ligne 38 -colonne 3, ligne 65 colonne 4, ligne 60 -colonne 5, ligne 22 colonne 6, ligne 6 - ligne 60; figures 1-4 ----	1,4-6,8, 23,24,28
A	US 4 540 392 A (JUNOD JOHN E ET AL) 10 septembre 1985 (1985-09-10) cité dans la demande colonne 1, ligne 50 - ligne 68 colonne 6, ligne 48 -colonne 7, ligne 15; figure 7 ----	1,2, 11-14, 16-19,28
A	GB 1 095 050 A (AMERICAN CAN COMPANY) 13 décembre 1967 (1967-12-13) page 2, ligne 128 -page 3, ligne 78 page 4, ligne 43 - ligne 112 page 5, ligne 16 - ligne 50; figures 1,4,5 ----	1,4,5,8, 23,24,28
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 230 (M-249), 12 octobre 1983 (1983-10-12) & JP 58 122819 A (TOPPAN INSATSU KK), 21 juillet 1983 (1983-07-21) abrégé; figure 3 -----	1,2,28

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Denomination internationale No

PCT/FR 01/00387

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 1571778 A	20-06-1969	BE 716577 A	16-12-1968
		CH 476563 A	15-08-1969
		DE 1779266 A	30-12-1971
		DK 151189 B	09-11-1987
		GB 1220099 A	20-01-1971
		GB 1220100 A	20-01-1971
		JP 50035953 B	20-11-1975
		NL 6808127 A, B,	30-09-1969
		NL 8004365 A, B,	28-11-1980
		NL 8004370 A	28-11-1980
		NL 8004371 A	28-11-1980
		NO 132138 B	16-06-1975
		SE 331353 B	21-12-1970
		US 3575769 A	20-04-1971
EP 0237192 A	16-09-1987	NO 860643 A	21-08-1987
		AT 74061 T	15-04-1992
		DE 3777676 A	30-04-1992
		ES 2030056 T	16-10-1992
US 5310443 A	10-05-1994	CH 682734 A	15-11-1993
		AT 135960 T	15-04-1996
		DE 59205801 D	02-05-1996
		EP 0498764 A	12-08-1992
		JP 5229009 A	07-09-1993
		KR 223260 B	15-10-1999
US 4540392 A	10-09-1985	EP 0147833 A	10-07-1985
		JP 60157842 A	19-08-1985
		NO 845183 A	24-06-1985
GB 1095050 A	13-12-1967	BE 657327 A	16-04-1965
		CH 471669 A	30-04-1969
		DE 1479930 A	04-05-1972
		DK 115057 B	01-09-1969
		FR 1418537 A	11-02-1966
		JP 53013671 B	11-05-1978
		NL 6414851 A, B	21-06-1965
		NO 134288 B	08-06-1976
		SE 303373 B	26-08-1968
		US 3388017 A	11-06-1968
JP 58122819 A	21-07-1983	JP 1743291 C	15-03-1993
		JP 4028534 B	14-05-1992

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)